

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА
имени МИРЗО УЛУГБЕКА**

На правах рукописи

УДК 530.12:531.51

ГИРЯНСКАЯ ВИКТОРИЯ СЕРГЕЕВНА

**ЭФФЕКТЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ В
АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ
И ИХ ПРИЛОЖЕНИЕ К АСТРОФИЗИКЕ КОМПАКТНЫХ
ОБЪЕКТОВ**

01.03.02 – Астрофизика и радиоастрономия

01.04.02 – Теоретическая физика

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Ташкент – 2010

Работа выполнена в Институте ядерной физики,
Астрономическом институте
Академии наук Республики Узбекистан
и Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Научный руководитель: доктор физико – математических наук
Ахмедов Бобомурот Жураевич

Официальные оппоненты: доктор физико – математических наук,
проф. Саттаров Исроил

кандидат физико – математических наук,
доц. Файзуллаев Бируний Амануллаевич

Ведущая организация: Институт теоретической физики им. Н.Н.
Боголюбова НАН Украины, г.Киев

Защита состоится 10 июня 2010 г. в 14⁰⁰ часов на заседании
Специализированного Совета Д067.02.13 при НУУз имени Мирзо Улугбека
по адресу: 100174, г. Ташкент, Вузгородок, физический факультет (кабинет-
музей академика С.Азимова) НУУз.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национального
университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека.

Отзыв в двух экземплярах, заверенных печатью, просьба присылать по
адресу Физического факультета Национального университета Узбекистана
имени Мирзо Улугбека.

Автореферат разослан 10 мая 2010 г.

Ученый секретарь

Специализированного Совета

кандидат физ.-мат.наук

К.Т. МИРТАДЖИЕВА

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. Эффекты общей теории относительности (ОТО), имея малые значения в рамках Солнечной системы, становятся очень важными при рассмотрении астрофизических процессов в окрестности гравитирующих компактных объектов, таких как нейтронные звезды и черные дыры. Так как вся информация, получаемая нами об астрофизических объектах, основана на анализе электромагнитного излучения, приходящего от них, исследование влияния искривленного пространства-времени на электромагнитные поля представляет фундаментальный интерес для релятивистской астрофизики.

Актуальность исследований в области релятивистской астрофизики обусловлена рядом крупных астрофизических открытий на рубеже XXI века. В частности, открытие магнитаров - нейтронных звезд обладающих очень сильным поверхностным магнитным полем порядка 10^{14} Гс (Duncan, 1998), проливает свет на природу источников мягких повторяющихся гамма-всплесков (soft gamma-ray repeaters, ИМПГ). Обнаружение в 2005 г. (Israel et al., 2005) и наблюдения квазипериодических осцилляций в спектре ИМПГ возбудили интерес ученых к исследованию процессов происходящих в окрестности осциллирующих нейтронных звезд. В частности, анализ рентгеновской части спектра показал, что в нем присутствует набор осцилляционных мод с частотами в пределе от нескольких десятков до нескольких сотен Гц, что хорошо согласуется с теоретически предсказанными тороидальными модами коры магнитара. Принимая во внимание то, что механизм излучения нейтронных звезд до сих пор не является полностью изученным, исследование влияний осцилляций звезды на ее излучение представляет большой интерес для современной астрофизики.

В 2006 г. были открыты частично излучающие пульсары (Kramer, 2006) – новые объекты, объяснить поведение которых пока не удалось. Такие пульсары излучают и доступны наблюдениям в течение 5-10 дней, затем сигнал от них резко затухает (в течение 10 сек) и пульсар остается невидимым на протяжении 25-30 дней. При этом во «включенном» состоянии темп замедления пульсара приблизительно на 50% превышает темп замедления в «выключенном» состоянии. Ни одна из предложенных на сегодняшний день гипотез не в состоянии самосогласованно объяснить это явление. Объяснение поведения частично излучающих пульсаров является одной из самых актуальных и интересных задач астрофизики пульсаров.

Обнаружение массивных черных дыр в центрах галактик привело к возрастанию интереса к этим загадочным объектам. В настоящее время возрос интерес к изучению гравитационного поля черных дыр с нетривиальной топологией и нетривиальной временной зависимостью, то есть динамических решений уравнений Эйнштейна. Уже исследованные статические решения при этом должны, с физической точки зрения, представлять собой определенные стадии динамического развития черных дыр.

Несмотря на то, что эффекты ОТО в рамках Земли и даже Солнечной системы очень малы (релятивистские поправки имеют порядок 10^{-6} для статической части и 10^{-10} для динамической части гравитационного поля) использование прецизионных экспериментов по квантовой интерферометрии частиц позволяет регистрировать релятивистские поправки даже в земных лабораториях. Успешно проведенные в середине XX века эксперименты с использованием нейтронного интерферометра наряду с астрофизическими наблюдениями открывают широкие возможности для проверки различных гравитационных моделей.

Среди моделей пространства-времени ОТО, представляющих в настоящее время научный интерес и требующих проверки, следует отметить гипотезу о существовании гравитомагнитного поля, предложенную в 1963 г. Ньюманом, Тамбурино и Унти (НУТ-параметр), согласно которой гравитационная масса может создавать гравитомагнитные поля по аналогии с тем, как магнитный заряд создает магнитные поля в классической электродинамике, а также модель Вселенной на бранах, предполагающую многомерность пространства-времени. При этом четырехмерность нашего мира достигается посредством локализации материи в многомерном пространстве-времени на его четырехмерных подмногообразиях, называемых бранами. Поэтому представляется важным исследование структуры электромагнитных полей звезд с ненулевым НУТ параметром и натяжением браны, что может позволить найти поправки для соответствующих наблюдаемых величин, таких как период вращения и темп замедления звезды, и открыть возможность проверки данных моделей с помощью астрономических и астрофизических наблюдений.

Степень изученности проблемы. В ранних работах по изучению нейтронных звезд было показано, что за счет вращения звезды на ее поверхности генерируется сильное электрическое поле, которое вырывает с поверхности звезды заряженные частицы. Эти частицы возбуждают каскадную генерацию электрон-позитронных пар в окрестности звезды, таким образом, формируя плазменную магнитосферу. Самосогласованная теория, которая могла бы полностью описать магнитосферу пульсара и пекулярные свойства некоторых пульсаров, еще не создана и представляет большой интерес для исследования. Исследование процессов, происходящих в магнитосфере, магнитосферных плазменных мод и электромагнитных полей может предоставить необходимый материал для построения такой теории.

Несмотря на большое количество работ, посвященных проблемам релятивистской астрофизики, еще остаются неизученными такие вопросы как, например, динамика развития черных дыр. В связи со сложностью уравнений Эйнштейна для данного случая, на сегодняшний момент существует только очень немного неоднородных нестатических решений даже для случая сферической симметрии. В связи с этим представляет интерес поиск метода, позволяющего получать несферические динамические решения для черных дыр и предсказывать их основные характеристики.

Модель Вселенной на бранах является новой теорией и также требует подробного исследования и обоснования. Эффект напряженности брана на конфигурацию магнитного поля вращающихся релятивистских компактных звезд еще не изучен. Поскольку магнитное поле определяет феноменологию наблюдений компактных звезд, исследование напряженности браны на звездные магнитные поля является актуальной задачей.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Диссертационная работа выполнена в ИЯФ АН РУз и АИ АН РУз в период 2006-2010 гг. в рамках научных проектов ГКНТ Ф – 2.1.9, Ф – 2.2.6, ФА – Ф2 – Ф079, ФА – Ф2 – Ф061, и ФПФИ АН РУз № 1 – 10, 5 – 08, 29 – 08, а также в НУУз в рамках договора о сотрудничестве между кафедрой ядерной и теоретической физики и ИЯФ АН РУз.

Цель исследования. Целью данной диссертационной работы является изучение структуры вакуумных электромагнитных полей в пространстве-времени вокруг медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды на бранах; исследование структуры магнитосферных электромагнитных полей и потерь энергии для случаев: а) медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды на бранах, б) медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ, в) медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды, испытывающей тороидальные осцилляции; объяснение поведения частично излучающих пульсаров; проверка возможности генерации радиоизлучения невращающейся осциллирующей нейтронной звездой; рассмотрение эффектов квантовой интерференции (например, сдвиг фазы частицы в нейтронном интерферометре) в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ; доказательство теоремы, характеризующей семейство точных сферически-несимметричных решений уравнений Эйнштейна для черных дыр.

Задачи исследования. Для достижения вышеуказанных целей нам надо было решить нижеследующие задачи:

- сформулировать уравнения Максвелла в вакууме для медленно вращающейся намагниченной компактной звезды на бранах. В качестве пробной модели найти влияние бран параметра на электрическое поле компактного объекта, обладающего монополярным магнитным полем;
- найти приближенное аналитическое решение для магнитного поля у поверхности медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды на бранах. Проанализировать влияние натяжения браны на потери энергии пульсара. Численно проинтегрировать уравнения Максвелла для электрического поля медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды на бранах, оценить влияние бран параметра на электрическое поле;
- сформулировать общерелятивистское уравнение Пуассона для магнитосферы медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды, а) обладающей ненулевым гравитомагнитным зарядом, б)

обладающей ненулевым бран параметром, в) испытывающей тороидальные осцилляции. Решив полученное уравнение аналитически, найти скалярный потенциал и ускоряющую компоненту электрического поля в окрестности полярной шапки пульсара в указанных трех случаях;

- найти влияние а) НУТ параметра, б) натяжения браны, в) тороидальных осцилляций на потери энергии пульсара;
- сформулировать на основе полученных результатов гипотезу, объясняющую явление частично излучающих пульсаров;
- сформулировать и численно проинтегрировать уравнения движения для заряженных частиц в окрестности полярной шапки магнитосферы медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды с ненулевым гравитомагнитным зарядом;
- применить понятие о линии выключения пульсара к невращающейся осциллирующей нейтронной звезде и показать, что такая звезда, обладая типичными параметрами, не сможет излучать в радиодиапазоне;
- рассмотреть эффекты квантовой интерференции (эффект Саньяка, нейтронная интерферометрия) в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ. Найти влияние НУТ параметра на разность фаз интерферирующих пучков в эксперименте Саньяка и на сдвиг фазы частицы в нейтронном интерферометре;
- сформулировать и доказать теорему, характеризующую семейство точных сферически-несимметричных решений уравнений Эйнштейна для черных дыр;
- проанализировать итоговые результаты исследований, сопоставить их с аналогичными результатами зарубежных авторов.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются релятивистские компактные объекты – черные дыры, нейтронные звезды, а также частично излучающие пульсары. Предметом исследования являются электромагнитные поля в окрестности компактных намагниченных осциллирующих и вращающихся гравитационных объектов, потери энергии рассматриваемых объектов, условия генерации их радиоизлучения.

Методы исследований. В теоретическом плане методами исследования являются математический аппарат макроскопической электродинамики в ОТО и метрической афинной дифференциальной геометрии, аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений поля и движения.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Приближенное аналитическое решение для вакуумного магнитного поля вращающейся нейтронной звезды на бранах. Численное решение для соответствующего электрического поля, свидетельствующее о том, что электромагнитное поле испытывает сильное влияние натяжения браны.

Анализ влияния натяжения браны на вакуумные магнитодипольные энергетические потери энергии звезды.

2. Аналитические решения для скалярного потенциала и электрического поля в окрестности полярной шапки магнитосферы медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды, а) обладающей ненулевым гравитомагнитным зарядом, б) обладающей ненулевым бран параметром, в) испытывающей тороидальные осцилляции. Анализ зависимости потерь энергии пульсара от а) НУТ параметра, б) натяжения браны, в) моды и амплитуды тороидальных осцилляций. Объяснение при помощи полученных результатов природы частично излучающих пульсаров. Численный анализ движения заряженных частиц в окрестности полярной шапки пульсара с ненулевым НУТ параметром.
3. Графическое представление линии выключения невращающейся осциллирующей нейтронной звезды, доказывающее, что такая звезда, обладая типичными параметрами, не может генерировать излучение в радиодиапазоне.
4. Выражения для разности фазы интерферирующих пучков в эксперименте Саньяка и сдвига фазы частицы в нейтронном интерферометре в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ, свидетельствующие о значительном влиянии НУТ параметра на эффекты квантовой интерференции.
5. Теорема, характеризующая семейство точных несферических решений уравнений Эйнштейна для черных дыр.

Научная новизна определяется тем, что в диссертации впервые найдено аналитическое выражение для вакуумного магнитного поля медленно вращающейся нейтронной звезды на бранах вблизи ее поверхности. Показано, что гравитомагнитный заряд наряду с натяжением бран существенно усиливают потери энергии с области полярной шапки магнитосферы пульсара. Впервые показано, что для вращающегося пульсара, испытывающего тороидальные осцилляции, потеря энергии за счет осцилляций будет значительно превышать вращательные потери энергии даже в случае, когда амплитуда осцилляций мала по сравнению с радиусом звезды. Предложена новая гипотеза, объясняющая явление частично излучающих пульсаров. Впервые показано, что невращающаяся осциллирующая нейтронная звезда (в отличие от магнитаров с гигантским магнитным полем) не может генерировать излучение в радиодиапазоне, поскольку она не будет окружена плазмой, необходимой для генерации радиоизлучения. Найдено влияние гравитомагнитного заряда на разность фаз интерферирующих пучков в эксперименте Саньяка и на сдвиг фазы частицы в нейтронном интерферометре. Впервые доказана теорема, характеризующая большое семейство динамических несферических решений уравнений Эйнштейна.

Научная и практическая значимость результатов исследования состоит в том, что полученные результаты могут играть важную роль в обнаружении и исследовании монополюсного гравитомагнитного заряда, существование которого теоретически предсказано в рамках ОТО, но до сих пор не обнаружено. Полученный результат может также служить для проверки модели Вселенной на бранах и определения предельного значения для величины бран параметра. Полученные данные по линии выключения и потерям энергии осциллирующих звезд могут быть использованы для объяснения поведения так называемых частично излучающих пульсаров – недавно обнаруженных объектов, описать которые теоретически пока трудно. Недавние наблюдения квазипериодических осцилляций в спектре гигантских вспышек периодических источников мягкого гамма-излучения также указывают на большую научную значимость изучения магнитосферы осциллирующих звезд. Полученная теорема, характеризующая большое семейство известных решений уравнений Эйнштейна, позволяет генерировать новые решения посредством изменения соответствующих параметров и, таким образом, может послужить для нахождения метрик пространства-времени, имеющих новые физические свойства.

Реализация результатов. Результаты данной работы могут быть включены в специальные курсы по теории гравитации в рамках магистратуры по направлению «Теоретическая физика» в Национальном университете Узбекистана и применены для объяснения природы частично излучающих пульсаров.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на семинарах Межуниверситетского центра астрономии и астрофизики (МЦАА, Пуна, Индия); на конференции «Наша нестабильная Вселенная» (Ереван, Армения, 2007 г.); на летней школе по космологии (Италия, Триест, 2008 г.); на 12й международной конференции по ОТО Марселя Гросмана (Париж, Франция, 2009 г.); на семинарах ИЯФ АН РУз; на семинарах АИ АН РУз; на II республиканской конференции молодых физиков Узбекистана (Ташкент, 2008 г.); на республиканской конференции молодых ученых (Ташкент, НУУз, 2008 г.); на семинарах при специализированном совете Д.067.02.13. Работа удостоена первой премии им. У.Г. Гуляма в ИЯФ АН РУз в 2008 г.

Опубликованность результатов. По материалам диссертации опубликовано 12 научных статей: из них 4 в научных рецензируемых международных журналах, 1 препринт, 4 в сборниках трудов международных конференций, 2 в сборниках трудов республиканских конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из Введения, четырех глав, заключения, 5 приложений и списка литературы из 152 наименований. Она изложена на 126 страницах, включая 14 рисунков и 2 таблицы.

Личный вклад диссертанта. В работах, выполненных совместно с научным руководителем и соавторами, вклад автора диссертации был определяющим. Автор выполнил основные численные и аналитические расчеты, активно участвовал в обсуждениях постановки задач и при анализе полученных результатов. Обобщение результатов и основные выводы диссертации сформулированы лично автором.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы её цель и задачи, определены основные положения, выдвигаемые на защиту, и дается ее краткая характеристика.

В первой главе, которая называется «Электромагнитные поля в окрестности медленно вращающейся намагниченной компактной звезды в модели мира на бранах», исследуется структура вакуумных электромагнитных полей медленно вращающейся намагниченной компактной звезды в модели мира на бранах.

Метрика пространства-времени в окрестности медленно вращающегося компактного объекта в модели Вселенной на бранах в сферических координатах может быть записана в следующем виде (Dadhich et al., 2000)

$$ds^2 = -A^2 dt^2 + H^2 dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\varphi^2 - 2(1 - A^2)a \sin^2 \theta dt d\varphi, \quad (1)$$

где

$$A^2(r) \equiv \left(1 - \frac{2M}{r} + \frac{Q}{r^2}\right) = H^{-2}(r), \quad r > R, \quad (2)$$

Q – бран параметр, M – масса звезды, R – радиус звезды, a - параметр, связанный с угловым моментом звезды.

Из уравнений Максвелла, предполагая, что магнитное поле имеет дипольную конфигурацию

$$B^{\hat{r}}(r, \theta) = F(r) \cos \theta, \quad B^{\hat{\theta}}(r, \theta) = G(r) \sin \theta, \quad B^{\hat{\varphi}}(r, \theta) = 0, \quad (3)$$

получены уравнения для собственных функций магнитного поля $F(r)$ и $G(r)$

$$(r^2 F)_r + 2HrG = 0, \quad (rAG)_r + F = 0 \quad (4)$$

которые, в конечном счете, дают одно обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка для функции $F(r)$

$$\frac{d}{dr} \left[\left(1 - \frac{2M}{r} + \frac{Q}{r^2}\right) \frac{d}{dr} (r^2 F) \right] - 2F = 0, \quad (5)$$

Аналитическое решение данного уравнения при $Q=0$ существует и исследовано в литературе (Гинзбург, Озерной, 1964).

Переходя к переменной z так что $r = R + \delta = R(1+z)$, $z = \delta/R$ и рассматривая область $z \ll 1$, можно разложить коэффициенты уравнения в ряд Тейлора и, оставляя только члены первого порядка по z , получить гипергеометрическое уравнение, решение которого дает

$$F(z) = (z+s)^{\frac{b}{2}} e^{-a(z+s)} \left\{ C_1 [a(z+s)]^{\frac{b}{2}} F_1^1 \left(b - \frac{d}{a}, b, a(z+s) \right) + C_2 [a(z+s)]^{1-\frac{b}{2}} F_1^1 \left(1 - \frac{d}{a}, 2-b, a(z+s) \right) \right\}, \quad (6)$$

где

$$a = \frac{e^2 q - 6e + 6}{e^2 q - 3e + 2}, \quad b = \frac{e^4 q^2 - 4e^3 q + e^2(6+q) - 6e + 2}{2(e^2 q - 3e + 2)^2}, \quad d = -\frac{e^2 q}{e^2 q - 3e + 2}, \quad (7)$$

$$s = \frac{e^2 q - 2e + 1}{2e^2 q - 6e + 4}, \quad F_1^1(l, m, x) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{l(l+1)\dots(l+n-1)x^n}{m(m+1)\dots(m+n-1)n!}$$

$q = Q/M$, $e = M/R$, $C_1 \approx 0.28\mu/M^3$, $C_2 \approx -0.25\mu/M^3$, а μ - магнитный момент звезды. Отношения найденных функций $F(z)$ и $G(z)$ к точным решениям при $Q=0$ изображены на рис.1 как функции параметра q . Из рисунков видно, что значение поверхностного магнитного поля существенно меняется при наличии натяжения браны Q . Следует заметить, что поверхностное значение магнитного поля очень важно, так как оно оказывает сильное влияние на условия генерации радиоизлучения звезды.

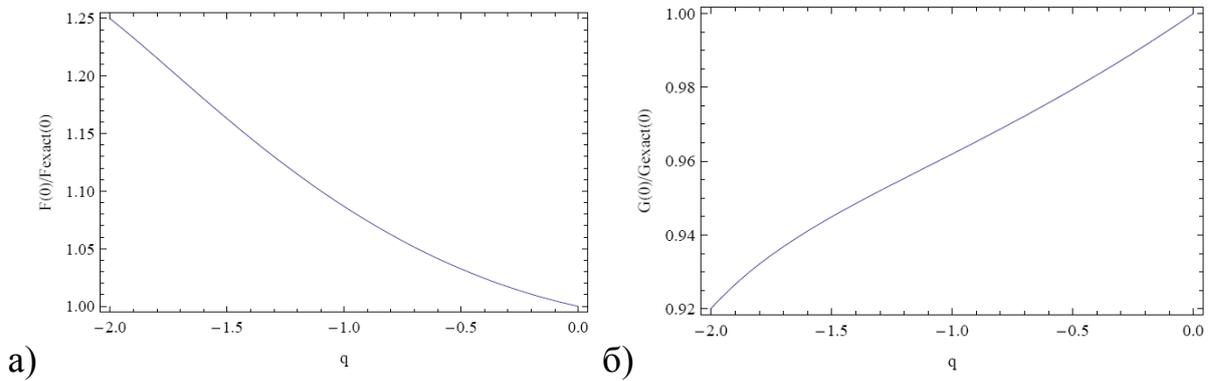


Рис.1. Поверхностные значения собственных функций магнитного поля $F(z)$ и $G(z)$, нормированные на точные значения при $Q=0$, как функции q .

Уравнения Максвелла для электрического поля медленно вращающейся намагниченной компактной звезды на бранах решены численно методом Рунге-Кутты в предположении, что решения являются асимптотически ньютоновскими. Радиальная зависимость собственной функции f_1 радиальной компоненты электрического поля

$$E^r = f_1(3 \cos^2 \theta - 1), \quad (8)$$

для нескольких значений бран параметра представлена на рис. 2.

Присутствие натяжения браны увеличивает потери энергии звезды за счет дипольного электромагнитного излучения, отношение потерь энергии звезды для случаев когда $q = 0$ и $q \neq 0$ приведено на рис.3.

Во второй главе, которая называется «Эффекты ОТО в магнитосфере медленно вращающихся намагниченных нейтронных звезд», исследуется структура магнитосферы вокруг медленно вращающейся нейтронной звезды а) обладающей ненулевым гравитомагнитным зарядом, б) обладающей ненулевым бран параметром, в) испытывающей тороидальные осцилляции.

Из системы уравнений Максвелла можно получить следующее уравнение Пуассона для скалярного потенциала Φ (Муслимов, Цыган, 1992)

$$\nabla \cdot \left(\frac{1}{N} \nabla \Phi \right) = -4\pi(\rho - \rho_{GJ}), \quad (9)$$

где $N \equiv (1 - 2M/r)^{1/2}$, ρ – пространственная плотность заряда магнитосферы, ρ_{GJ} – плотность заряда Голдрайха-Джулиана, необходимая для полной экранировки продольного электрического поля в окрестности полярной шапки звезды (Goldraich & Julian, 1969).

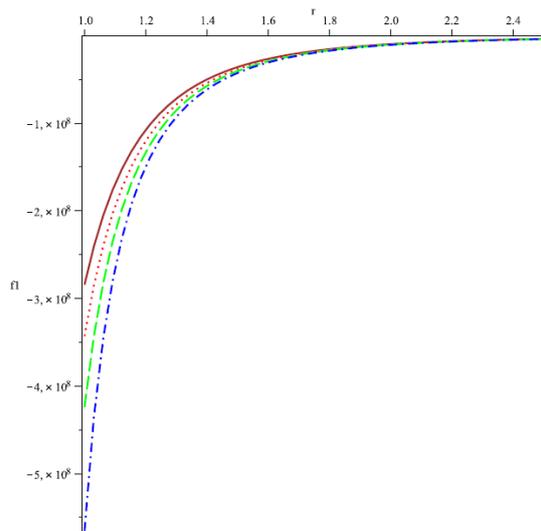


Рис.2. Радиальная зависимость собственной функции электрического поля f_1 для некоторых значений бран параметра (сплошная линия соответствует $q = 0$, пунктирная – $q = -1$, штриховая – $q = -2$, штрихпунктирная – $q = -3$).

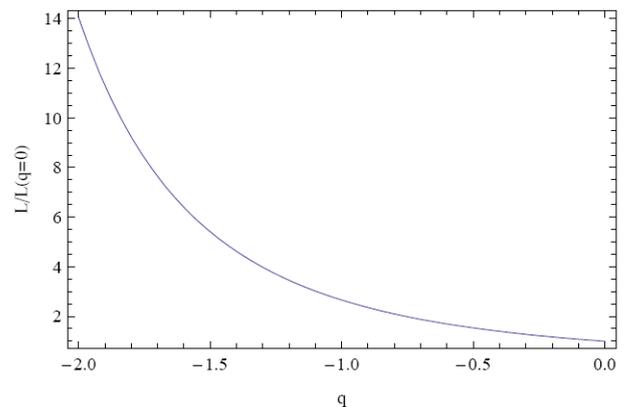


Рис.3. Отношение магнитодипольных потерь энергии для случаев $q = 0$ и $q \neq 0$ как функция q .

В пространстве-времени медленно вращающейся звезды с ненулевым НУТ параметром

$$ds^2 = -N^2 dt^2 + N^{-2} dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\varphi^2 - 2 \left(4N^2 l \sin^2 \frac{\theta}{2} + \omega_{LT} r^2 \sin^2 \theta \right) d\varphi dt, \quad (10)$$

где l - НУТ параметр, ω_{LT} - угловая скорость увлечения инерциальных систем отсчета Лензе-Тирринга, окончательное выражение для плотности заряда Голдрайха-Джулиана имеет следующий вид

$$\rho_{GJ} = -\frac{\Omega B_0}{2\pi c} \frac{1}{N\eta^3} \frac{f(\eta)}{f(1)} \left\{ 1 - \frac{k}{\eta^3} - L \left(1 - \frac{\varepsilon}{\eta} \right) \frac{1}{\eta^2} \frac{4 \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\sin^2 \theta} \right\}, \quad (11)$$

где $B_0 = 2\mu/R^3$ - ньютоновская величина магнитного поля на полюсе звезды, c - скорость света, $L \equiv cl/\Omega R^2$, $\eta \equiv r/R$ - безразмерная радиальная координата, $k = \varepsilon\beta$, $\varepsilon = 2M/R$ - параметр компактности звезды, $\beta = I/I_0$ - момент инерции звезды в единицах $I_0 = MR^2$ и

$$f(\eta) = -3 \left(\frac{\eta}{\varepsilon} \right)^3 \left[\ln \left(1 - \frac{\varepsilon}{\eta} \right) + \frac{\varepsilon}{\eta} \left(1 + \frac{\varepsilon}{2\eta} \right) \right], \quad (12)$$

а в пространстве-времени медленно вращающейся нейтронной звезды на бранах

$$\rho_{GJ} = -\frac{\Omega B_0}{2\pi c} \frac{1}{A\eta^3} \frac{f(\eta)}{f(1)} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{Q}{2\eta RM} \right) \frac{k}{\eta^3} \right\}, \quad (13)$$

Выражение для скорости тороидальных осцилляций нейтронной звезды имеет следующий вид

$$\delta v^i = \left\{ 0, \frac{1}{\sin \theta} \partial_\varphi Y_{l'm'}(\theta, \varphi), -\partial_\theta Y_{l'm'}(\theta, \varphi) \right\} \tilde{\eta}(r) e^{-i\omega t}, \quad (14)$$

где ω - вещественная часть частоты осцилляций, $\tilde{\eta}(r)$ - амплитуда скорости осцилляций, $Y_{l'm'}$ - сферические ортонормальные функции, являющиеся собственными функциями оператора Лапласа в сферических координатах.

Для вращающейся осциллирующей намагниченной нейтронной звезды, плотность заряда Голдрайха-Джулиана будет выглядеть следующим образом

$$\rho_{GJ} = -\frac{\Omega B_0}{2\pi c} \frac{1}{N\eta^3} \frac{f(\eta)}{f(1)} \left(1 - \frac{k}{\eta^3} \right) - \frac{1}{4\pi c} \frac{1}{R\eta^4} \frac{B_0 e^{-i\omega t}}{\Theta^2(\eta)} \frac{1}{N} \frac{f(\eta)}{f(1)} \tilde{\eta}(r) l'(l'+1) Y_{l'm'}, \quad (15)$$

где $\Theta(\eta)$ - полярный угол последней открытой магнитной силовой линии пульсара.

Решая уравнение Пуассона, можно получить следующие выражения для скалярного потенциала в окрестности полярной шапки пульсара

а) в случае ненулевого гравитомагнитного заряда

$$\Phi = \frac{12\Phi_0}{\eta} \sqrt{1-\varepsilon} (k - L\varepsilon) \Theta_0^3 \sum_{i=0}^{\infty} \left[\exp\left\{ \frac{k_i(1-\eta)}{\Theta_0 \sqrt{1-\varepsilon}} \right\} - 1 + \frac{k_i(\eta-1)}{\Theta_0 \sqrt{1-\varepsilon}} \right] \frac{J_0(k_i \xi)}{k_i^4 J_1(k_i)}, \quad (16)$$

где $\Phi_0 = \Omega B_0 R^2$, Θ_0 - полярный угол последней открытой магнитной силовой линии на поверхности звезды, k_i - положительные нули функций Бесселя J_0 ;

б) в случае ненулевого натяжения браны

$$\Phi = \frac{12\Phi_0}{\eta} \sqrt{1-\varepsilon + \tilde{Q}} k \left(1 - \frac{2\tilde{Q}}{3MR} \right) \Theta_0^3 \sum_{i=0}^{\infty} \left[\exp\left\{ \frac{k_i(1-\eta)}{\Theta_0 \sqrt{1-\varepsilon + \tilde{Q}}} \right\} - 1 + \frac{k_i(\eta-1)}{\Theta_0 \sqrt{1-\varepsilon + \tilde{Q}}} \right] \frac{J_0(k_i \xi)}{k_i^4 J_1(k_i)} \quad (17)$$

где $\tilde{Q} = Q/R^2$;

в) в случае, когда звезда испытывает тороидальные осцилляции

$$\Phi(t, \eta, \xi, \varphi) = \Phi_0(\eta, \xi) + e^{-i\omega t} \frac{1}{\eta} \frac{B_0 R}{c} \tilde{\eta}(1) \frac{1}{\frac{\sqrt{l'(l'+1)}}{\sqrt{1-\varepsilon}\Theta_0} - 2} \sum_{l'=0}^{\infty} \sum_{m'=-l'}^{l'} \left\{ -e^{\frac{\sqrt{l'(l'+1)}}{\sqrt{1-\varepsilon}\Theta_0}(\eta-1)} + 1 - \frac{\sqrt{l'(l'-1)}}{\sqrt{1-\varepsilon}\Theta_0}(\eta-1) \right\} Y_{l'm'}(\xi, \varphi) \quad (18)$$

где $\Phi_0(\eta, \xi)$ - скалярный потенциал в окрестности медленно вращающейся звезды, выражение для которого можно найти в использованной литературе.

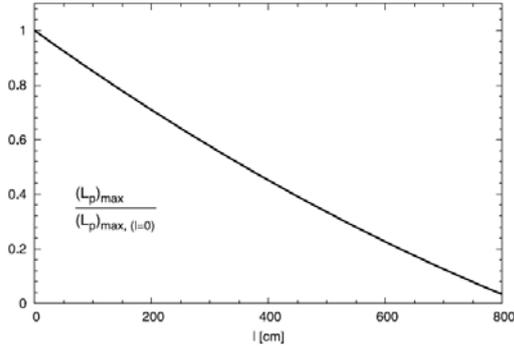


Рис.4. Отношение потерь энергии L_p для случаев $l = 0$ и $l \neq 0$ как функция НУТ параметра.

Присутствие в метрике НУТ либо бран параметра, а также тороидальные осцилляции звезды существенно влияют на потери энергии звезды, а следовательно, на ее наблюдаемые характеристики – период и производную периода по времени. Отношение плазменных потерь энергии L_p для случаев когда $l = 0$ и $l \neq 0$ имеет вид

$$\frac{L_p}{L_{p(l=0)}} = 1 - \frac{L(k + \varepsilon - 2k\varepsilon)}{k(1-k)} + \frac{L^2 \varepsilon(1-\varepsilon)}{k(1-k)}, \quad (19)$$

и представлено графически на рис.4 как функция НУТ параметра.

Отношение потерь энергии вращающейся осциллирующей нейтронной звезды к потерям энергии вращающейся нейтронной звезды для нескольких осцилляционных мод представлено на рис.5. как функция параметра $K = \tilde{\eta}(1)/\Omega R$.

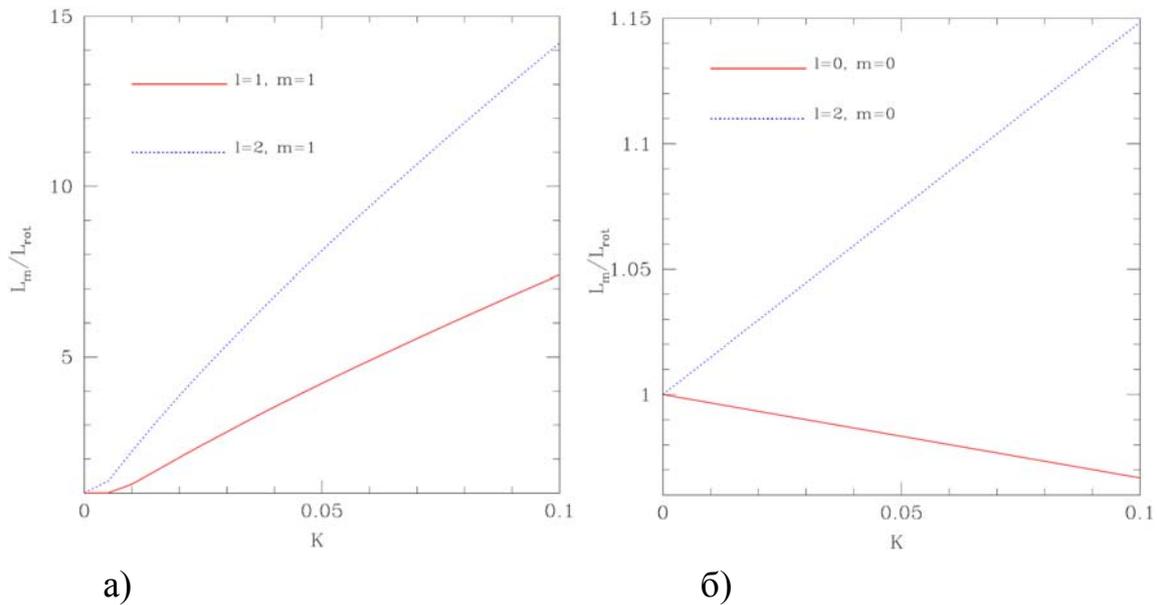


Рис.5. Отношение потерь энергии в случае вращающейся осциллирующей звезды и в случае вращающейся звезды как функция параметра K для мод: а) (1,1) (сплошная линия) и (2,1) (пунктирная линия); б) (0,0) (сплошная линия) и (2,0) (пунктирная линия).

Отношение поправки к плотности заряда Голдрайха-Джулиана, связанной с осцилляциями звезды, к плотности заряда Голдрайха-Джулиана при отсутствии осцилляций, а также отношение поправки к электрическому полю, связанной с осцилляциями звезды, к невозмущенному значению электрического поля для некоторых мод тороидальных осцилляций звезды графически изображены на рис. 6 и рис. 7 соответственно.

В своих недавних работах Крамер (2006 г.) и Лайн (2009 г.) докладывали, что один из известных пульсаров, PSR B1931+24, с периодом вращения 813 мс и относительно небольшой удаленностью 4.6 кпс при длительном наблюдении обнаруживает квазипериодическое переменное поведение с длительным периодом. Этот пульсар отличается от остальных тем, что он имеет состояние "включения", которое длится на протяжении 5 - 10 дней. Затем радиоизлучение от этого пульсара затухает в течение 10 сек и пульсар находится в "выключенном" состоянии следующие 25 - 35 дней. Что еще более интересно, темп замедления пульсара во "включенном" состоянии увеличивается на 50% по сравнению с состоянием выключения.

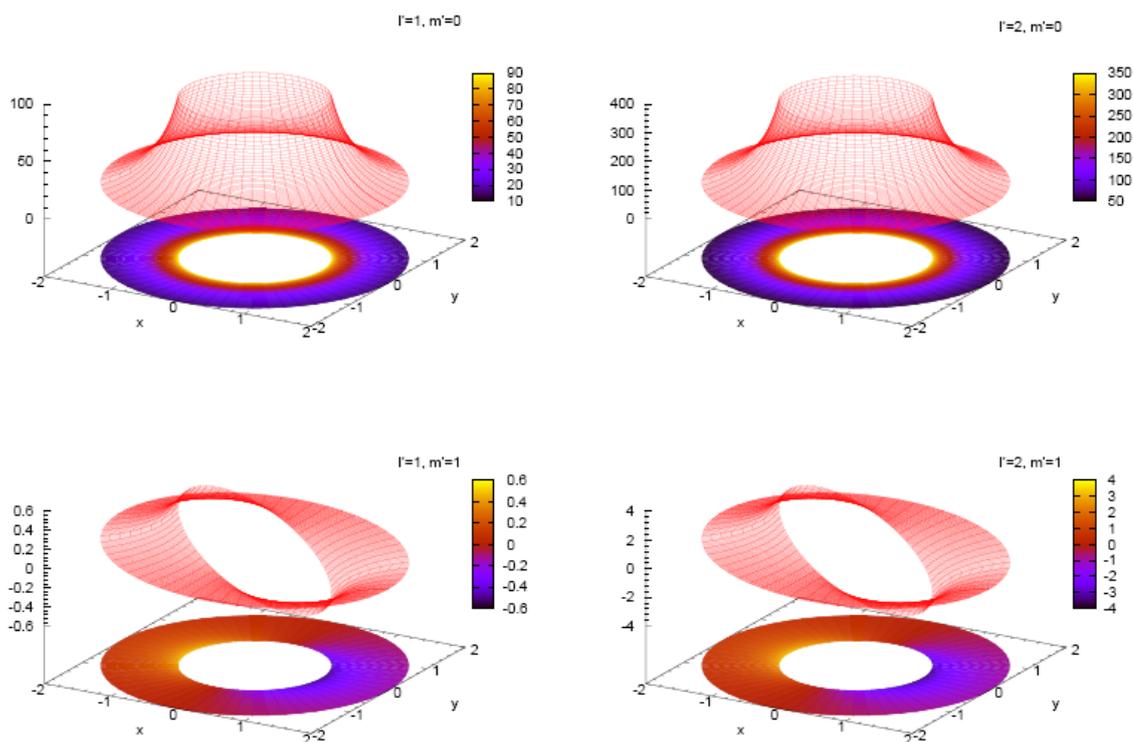


Рис.6. Отношение поправки к плотности заряда Голдрайха-Джулиана, связанной с осцилляциями звезды, к невозмущенному значению для мод (1,0) (слева сверху), (1,1) (слева снизу), (2,0) (справа сверху) и (2,1) (справа снизу). При построении графиков использовались следующие типичные параметры нейтронных звезд: $\kappa=0.15$, $\epsilon=1/3$, $K=0.01$, $\theta_0=0.008$, $\Omega=1$ рад/с.

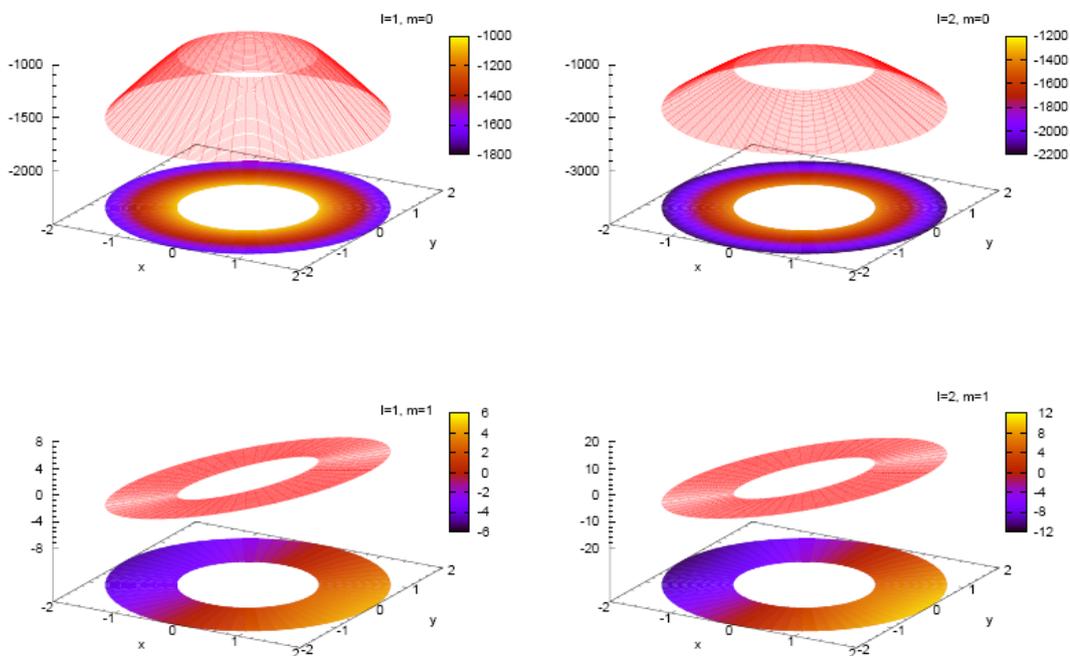


Рис.7. Отношение поправки к электрическому полю, связанной с осцилляциями звезды, к невозмущенному значению поля для мод тороидальных осцилляций (1,0) (слева сверху), (1,1) (слева снизу), (2,0) (справа сверху) и (2,1) (справа снизу).

Так как в данной работе показано, что потери энергии пульсара значительным образом меняются при наличии осцилляций, можно предположить, что во "включенном" состоянии пульсара осцилляции звезды создают релятивистский поток заряженных частиц за счет дополнительно генерируемого ускоряющего электрического поля, связанного с осцилляциями. За период порядка 10 дней осцилляции звезды затухают и наступает период "выключения", во время которого звезда не осциллирует. Затем происходит очередная генерация осцилляций, механизм которой связан с так называемыми глитчами – звездотрясениями, сопровождающимися выбросом вещества через трещины в коре звезды.

Гипотеза о том, что периоды «включения» частично излучающих пульсаров могут быть связаны с генерацией осцилляций их коры, также хорошо согласуется с теоретически рассчитанными периодами затухания тороидальных осцилляций звезды, значения которых для некоторых мод осцилляций приведены в таблице.

Периоды затухания тороидальных мод осцилляций нейтронных звезд за счет электромагнитного излучения.

Мода осцилляций	Частота осцилляций (кГц)	Время затухания осцилляций (с)
(1,1)	17.9	1.39×10^5
(2,0)	0.36	1.92×10^{14}
(2,1)	17.9	1.31×10^6
(2,2)	30	3.33×10^4

Модель, описывающая формирование магнитосферы вокруг сильно намагниченной вращающейся нейтронной звезды, была впервые предложена в работе Голдрайха и Джулиана в 1969 г. Электрическое поле, генерируемое на поверхности звезды благодаря вращению, вырывает заряженные частицы с поверхности звезды и ускоряет их вдоль открытых магнитных силовых линий. Ускоренные частицы испускают гамма лучи, производящие в дальнейшем электрон-позитронные пары, которые, в свою очередь, вновь ускоряются и испускают кванты. Таким образом, поддерживается каскадное образование электронов, позитронов и гамма квантов у поверхности полярной шапки нейтронной звезды, что приводит к формированию плазменной магнитосферы вокруг звезды.

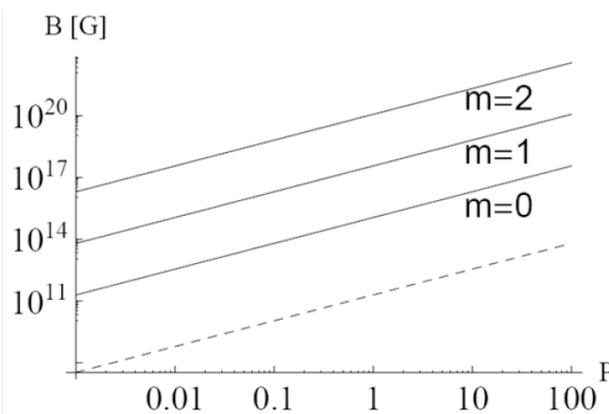


Рис.8. Линии выключения для вращающегося радиопульсара (пунктирная) и для невращающейся осциллирующей нейтронной звезды при трех значениях m (область, лежащая ниже прямых, является запрещенной для радиоизлучения в этом случае).

количество вторичной плазмы.

Линия выключения невращающейся осциллирующей намагниченной нейтронной звезды представлена на рис.8, откуда видно, что такая звезда, обладая типичными параметрами (частота осцилляций < 0.5 кГц и магнитное поле $\sim 10^{12}$ Гс), не может поддерживать излучение в радиодиапазоне.

В третьей главе, которая называется «Эффекты квантовой интерференции в медленно вращающемся пространстве-времени с ненулевым гравитомагнитным зарядом», рассматривается эффект Саньяка и сдвиг фазы частицы в нейтронном интерферометре в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ.

Эффект Саньяка выражает тот факт, что между лучами света либо пучками частиц, распространяющимися в противоположных направлениях вдоль замкнутого пути вокруг вращающегося интерферометра, возникает разность фаз $\Delta\phi$, которая соответствует разности времен прохождения пучками контура ΔT . Выражение для разности времен ΔT не включает в себя ни массы ни энергии частиц, что позволяет рассматривать эффект Саньяка как "универсальный" эффект, присущий самой геометрии пространства-времени вне зависимости от физической природы интерферирующих пучков (Rizzi & Ruggiero, 2004).

Найдены следующие выражения для $\Delta\phi$ и ΔT между интерферирующими пучками в эксперименте Саньяка в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ:

$$\Delta\phi = \frac{4\pi m}{\hbar} \left(\frac{R^2(\Omega - \omega_{LT})}{2} - \sqrt{2}cIN^2 \right) (u^0)^2, \quad (20)$$

В то же время существуют определенные условия, ограничивающие значения периода вращения пульсара P и величины магнитного поля B , при которых формирование магнитосферы может быть реализовано. Линия выключения пульсара представляет собой график на P - B плоскости, ограничивающий область, в которой пульсар может поддерживать радиоизлучение в магнитосфере. Суть линии выключения заключается в том, что при определенных значениях периода и поверхностного магнитного поля звезды в магнитосфере не может быть произведено достаточное

$$\Delta T = \frac{4\pi}{c^2} \left(\frac{R^2(\Omega - \omega_{LT})}{2} - \sqrt{2}clN^2 \right) (u^0)^2, \quad (21)$$

где m – масса интерферирующих частиц и введено обозначение

$$u^0 = \left(N^2 - \frac{R^2\Omega^2}{2} + \Omega\omega R^2 + 2\sqrt{2}lN^2\Omega \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (22)$$

Эксперимент по исследованию влияния гравитационного поля Земли на сдвиг фазы частицы в нейтронном интерферометре был впервые удачно проведен Колеллой, Оверхауэром и Вернером (1975). После проведенного эксперимента были обнаружены также и другие эффекты, оказывающие влияние на сдвиг фазы интерферирующих частиц. Среди них эффект, связанный с вращением Земли (Кориолисова сила), который является квантовомеханическим аналогом эффекта Саньяка, эффект Лензе-Тирринга - общерелятивистский эффект увлечения инерциальных систем отсчета.

Найдена следующая поправка к сдвигу фазы частицы в нейтронном интерферометре, обусловленная присутствием в метрике НУТ параметра:

$$\beta_{NUT} = -\frac{lm \cos \theta}{\hbar \sin^2 \theta} \oint \frac{n \cdot (r \times dr)}{r^2} \cong -\frac{lm \cos \theta n}{\hbar R^2 \sin^2 \theta} \left[S - 2 \left(\frac{R}{R} \cdot S \right) \frac{R}{R} \right], \quad (23)$$

где $n = (0,0,1)$, R – радиус-вектор интерферометра относительно центра гравитирующего объекта, S – вектор площади интерферометра. Сравнивая найденную поправку с наименьшей из известных ранее β_{drag} , отвечающей за эффект увлечения инерциальных систем отсчета, можно получить для Земли

$$\frac{\beta_{NUT}}{\beta_{drag}} = 10^7 l \quad (24)$$

откуда видно, что для возможности детектирования НУТ параметра на Земле с помощью имеющихся в настоящее время технических средств необходимо, чтобы НУТ параметр имел значение по крайней мере порядка $l \sim 10^{-6}$

В четвертой главе, которая называется «О несферических решениях уравнений Эйнштейна», формулируется и доказывается следующая теорема для решений уравнений Эйнштейна, соответствующих черным дырам.

Пусть (M, g_{ab}) - четырехмерное пространство-время [$\text{sing}(g_{ab}) = (-, +, +, +)$], такое что (i) оно нестатично и плоско симметрично, (ii) оно удовлетворяет уравнениям поля Эйнштейна: $G_{ab} - 3\alpha^2 g_{ab} = 8\pi T_{ab}$, (iii) в координатах Эддингтона-Бонди, где $ds^2 = -A^2(v, r) f(v, r) dv^2 + 2A(v, r) dv dr + r^2 \alpha^2 (dx^2 + dy^2)$ (v - время Эддингтона), тензор энергии импульса T^{ab} вещества (жидкости) удовлетворяет условиям $T_r^v = 0$ и $T_x^x = k T_r^r$, ($k = \text{const.} \in \mathfrak{R}$) (iv) оно обладает регулярным горизонтом Киллинга либо регулярным центром. Тогда метрика пространства времени будет определяться выражениями

$$ds^2 = -\left[1 - \frac{2m(\nu, r)}{r}\right]d\nu^2 + 2d\nu dr + r^2\alpha^2(dx^2 + dy^2), \quad (25)$$

где

$$m(\nu, r) = \begin{cases} \frac{r}{2} - \frac{\alpha^2 r^3}{2} + M(\nu) & \text{если } C(\nu) = 0 \\ \frac{r}{2} - \frac{\alpha^2 r^3}{2} + M(\nu) - \frac{4\pi C(\nu)}{2k+1} r^{2k+1} & \text{если } C(\nu) = 0 \text{ и } k \neq -\frac{1}{2} \\ \frac{r}{2} - \frac{\alpha^2 r^3}{2} + M(\nu) - 4\pi C(\nu) \ln r & \text{если } C(\nu) = 0 \text{ и } k = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

и

$$T_b^a = \frac{C(\nu)}{r^{2(1-k)}} \text{diag}[1, 1, k, k], \quad (26)$$

с недиагональным элементом

$$T_\nu^r = \begin{cases} \frac{1}{4\pi r^2} \frac{\partial M}{\partial \nu} - \frac{1}{2k+1} \frac{\partial C}{\partial \nu} r^{2k-1} & \text{если } k \neq -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{4\pi r^2} \frac{\partial M}{\partial \nu} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial C}{\partial \nu} \ln r & \text{если } k = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

Здесь $M(\nu)$ и $C(\nu)$ - произвольные функции, значения которых зависят от граничных условий и фундаментальных констант.

Данная теорема представляет общий класс нестатичных, несферических решений уравнений поля Эйнштейна, описывающих излучающие черные дыры с тензором энергии импульса, удовлетворяющим условиям пункта (iii). Статические решения могут быть получены подстановкой $M(\nu) = M$, $C(\nu) = C$ где M и C константы, а вещество в данном случае I типа. Семейство решений, описываемое данной теоремой, содержит, к примеру, решения Боннора-Вайдья, де Ситтера/анти-де Ситтера, Хусайна, Харко-Ченга, решение Дадича-Гоша-Вайдья на бранах и струнное решение Гласса-Крисча. Очевидно, соответствующим выбором функций $M(\nu)$ и $C(\nu)$, а также k -индекса можно получить столько решений, сколько требуется. Вышеприведенные решения включают большинство известных сферически симметричных решений уравнений поля Эйнштейна.

В заключении приведены выводы и перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выведено приближенное аналитическое выражение и получены графики для радиальной зависимости магнитного поля вблизи поверхности

- медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды на бранах. Получено численное решение для электрического поля медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды на бранах для различных значений бран параметра. Исследовано влияние бран параметра на потери энергии пульсара.
2. Получены выражения для плотности заряда Голдрайха-Джулиана, плотности заряда магнитосферы, скалярного потенциала и ускоряющей компоненты электрического поля в окрестности полярной шапки магнитосферы вблизи и вдали от поверхности медленно вращающейся намагниченной нейтронной звезды а) обладающей ненулевым гравитомагнитным зарядом, б) обладающей ненулевым бран параметром, в) испытывающей тороидальные осцилляции.
 3. Получены аналитические выражения и графики для потерь энергии пульсара, доказывающие существенную зависимость энергетических потерь от а) НУТ параметра б) натяжения браны в) тороидальных осцилляций звезды.
 4. На основании полученных результатов найдено адекватное объяснение явления частично излучающих пульсаров.
 5. Получено численное решение уравнений движения заряженных частиц в окрестности полярной шапки медленно вращающейся НУТ звезды.
 6. Получен график, описывающий линию выключения осциллирующей невращающейся намагниченной нейтронной звезды, доказывающий, что такая звезда не может излучать в радиодиапазоне.
 7. Получены аналитические выражения для разности фаз и времен прохождения интерферирующих пучков в эксперименте Саньяка, а также аналитическое выражение для сдвига фазы частицы в нейтронном интерферометре в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ.
 8. Доказана теорема, характеризующая большое семейство нестатических решений уравнений поля Эйнштейна. Показано, что наиболее известные динамические решения для черных дыр являются частными случаями данного семейства.

4. СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ:

1. **Morozova V.S.**, Ahmedov B.J. and Kagramanova V.G. General Relativistic Effect of Gravitomagnetic Charge on Pulsar Magnetosphere and Particle Acceleration in a Polar Cap// in Abstract book of JENAM-2007, "Our non-stable Universe" 20-25 August, 2007 – Yerevan, Armenia, 2007. – P. 94.
2. Lammerzahl C., Ahmedov B., Dittus H. and **Morozova V.** Time and timing in gravitational fields // Proc. Of the 1st Colloquium Scientific and Fundamental Aspects of the Galileo Programme. – Toulouse, France, 1–4 October, 2007. – P.101-115.
3. **Морозова В.С.**, Рахматов А.С., Мамаджанов А.И. Анизотропия скорости света в пространстве-времени Керр-Тауб-НУТ // Материалы

- республиканской конференции «Оптические методы современной физики». – НУУз, Ташкент, 7-8 мая 2008. – С. 65.
4. **Морозова В.С.** Линия выключения радиоизлучения осциллирующих нейтронных звезд // II республиканская конференция молодых физиков Узбекистана: Тез. докл. – Ташкент, 25-26 ноября 2008. – С. 260-265.
 5. **Morozova V.S.** and Ghosh S.G. Generating Non-spherical Radiating Black Hole Solutions // **Mod. Phys. Lett. A.** – Singapore: World Scientific, 2008. – Vol. 23. - P.1115-1127.
 6. **Morozova V.S.**, Ahmedov B.J. and Kagramanova V.G. General Relativistic Effect of Gravitomagnetic Charge on Pulsar Magnetosphere and Particle Acceleration in a Polar Cap // **Astrophys. J.** – USA: Univ. Chicago Press. – 2008. – Vol. 684. – № 2. – P.1359-1365.
 7. Ahmedov B.J. and **Morozova V.S.** Plasma Magnetosphere Formation Around Oscillating Magnetized Neutron Stars // **Astrophys. Space Sci.** – Berlin Heidelberg: Springer, 2009. – Vol. 319. – P.115-117.
 8. **Morozova V.S.** and Ahmedov B.J. Quantum Interference Effects in Slowly Rotating NUT Space-time // **Int. J. Mod. Phys. D.** – Singapore: World Scientific, 2009. – Vol. 18. – № 1. – P.107-118.
 9. **Morozova V.S.**, Ahmedov B.J. and Kagramanova V.G. Effect of Gravitomagnetic Charge on Pulsar Magnetospheric Structure and Particle Acceleration in a Polar Cap // in Abstract book of the XXVIIth General Assembly of the International Astronomical Union. – Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 August, 2009. – P. 237.
 10. Ahmedov B.J. and **Morozova V.S.** Plasma Magnetosphere Formation Around Oscillating Magnetized Neutron Stars // in Abstract book of the XXVIIth General Assembly of the International Astronomical Union. – Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 August, 2009. – P. 237.
 11. **Morozova V. S.**, Ahmedov B. J., Zanotti O. General Relativistic Magnetospheres of Slowly Rotating and Oscillating Magnetized Neutron Stars// Preprint, Cornell University: Cornell. – 2010. – No. astro-ph/0021075. – P.1-13 [<http://arxiv.org>].
 12. **Morozova V.S.** and Ahmedov B.J., Electromagnetic Fields of Slowly Rotating Magnetized Stars in Braneworld // Proceedings of the Twelfth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity, edited by T. Damour, R. T. Jantzen and R. Ruffini, World Scientific, 2010, 3 p.

Автор выражает огромную благодарность своему научному руководителю д.ф.-м.н. Б.Ж. Ахмедову за постановку задачи, обсуждение результатов и постоянную поддержку при подготовке диссертации. Автор также выражает благодарность директору ИЯФ АН РУз, проф. У.С. Салихбаеву и директору АИ АН РУз, проф. Ш.А. Эгамбердиеву за поддержку, искреннее внимание к работе, полезные советы, а также, предоставленную возможность пользоваться информационными и материальными ресурсами организаций.

Диссертант выражает благодарность профессорско-преподавательскому составу НУУз, в частности акад. М.М. Мусаханову, проф. А.А. Абдумаликову, доц. Б.А. Файзуллаеву, доц. А.С. Рахматову за ценные советы и научное обсуждение.

Автор выражает искреннюю признательность научным коллегам проф. S.G. Ghosh, проф. C.Laemmerzahl, проф. И.С. Саттарову, к.ф.-м.н. О. Zanotti, к.ф.-м.н. В.Г. Каграмановой, к.ф.-м.н. А.А. Абдужаббарову, Ф.Ж. Фаттоеву, к.ф.-м.н. К.Т. Миртаджиевой, за неоценимую помощь в процессе подготовки диссертационной работы.

Физика – математика фанлари номзоди илмий даражасига талабгор
Гирьянская Виктория Сергеевнанинг 01.03.02 – Астрофизика ва
радиоастрономия, 01.04.02 – Назарий физика ихтисосликлари бўйича
«Аксиал-симметрик гравитацион моделларда умумий нисбийлик назарияси
эфектлари ва уларнинг компакт объектлар астрофизикасига тадбиқлари»
мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: релятивистик астрофизика, пульсар магнитосфераси, электромагнит майдонлар, Эйнштейн тенгламасининг аниқ ечимлари.

Тадқиқот объекти: нейтрон юлдузлар, қора ўралар.

Ишнинг мақсади: а) НУТ параметрли, б) брандаги, в) тороидал тебранувчи магнитланган айланувчи нейтрон юлдуз электромагнит майдонлари ва энергия йўқотишини ўрганиш; қисман нурланувчи пульсарлар холатини тушунтириш; айланмайдиган тебранувчи нейтрон юлдуз радионурланиш генерацияси мумкинлигини текшириш; НУТ параметрининг тажрибада аниқланиш йўллари кидириш; қора ўралар учун Эйнштейн тенгламаларининг аниқ ечимлари оиласини характерловчи теоремани исботлаш.

Тадқиқот методлари: Умумий нисбийлик назариясидаги макроскопик электродинамика, метрик аффин дифференциал геометриянинг математик аппарати, ЭХМ да ҳисобланувчи ва қўйилган масалаларга қараб ривожланувчи рақамли усуллар.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: Брандаги секин айланувчи нейтрон юлдуз вакуум магнит майдони учун яқинлашган аналитик ечим олинди. НУТ параметр, бран параметр, ҳамда юлдуз тебранишлари пульсар энергия йўқотишига сезиларли таъсир қилиши кўрсатилди. Қисман нурланувчи пульсарлар табиати тушунтирилди. Айланмайдиган тебранувчи нейтрон юлдуз нурланиш чиқариши мумкинлиги кўрсатилди. НУТ параметрининг Саньяк эффектига ва нейтрон интерферометридаги заррачаларнинг фаза силжишига таъсири топилди. Эйнштейн тенгламаларининг ностатик ечимлар оиласини характерловчи теорема исботланди.

Амалий аҳамияти: Олинган натижалар НУТ ва бран параметрларининг топилиши ва тадқиқ этилишида муҳим аҳамият касб этади. Олинган натижалар қисман нурланувчи пульсарларнинг табиатини тушунтиришга ишлатилиши мумкин. Олинган теорема Эйнштейн тенгламаларининг янги ечимларини ҳосил қилиш имконини беради.

Тадбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: диссертация назарий характерга эга. Унинг натижалари астрофизикада компакт объектларни ўрганишда ишлатилади ҳамда улар Ўзбекистон Миллий Университети магистратураси доирасида ўқиладиган «Гравитация назарияси» курси таркибига киритилган.

Қўлланиш соҳаси: Релятивистик астрофизика, қора ўралар физикаси, компакт объектлар астрофизикаси.

РЕЗЮМЕ

диссертации Гилянской Виктории Сергеевны на тему: «Эффекты общей теории относительности в аксиально-симметричных гравитационных моделях и их приложение к астрофизике компактных объектов» на соискание ученой степени кандидата физико – математических наук по специальностям 01.03.02 – Астрофизика и радиоастрономия, 01.04.02 – Теоретическая физика.

Ключевые слова: релятивистская астрофизика, магнитосфера пульсаров, электромагнитные поля, точные решения уравнения Эйнштейна.

Объекты исследования: нейтронные звезды, черные дыры.

Цель работы: изучение электромагнитных полей и потерь энергии намагниченной вращающейся нейтронной звезды а) с ненулевым НУТ параметром б) на бранах в) испытывающей тороидальные осцилляции; объяснение поведения частично излучающих пульсаров; проверка возможности генерации радиоизлучения невращающейся осциллирующей нейтронной звездой; поиск возможных путей экспериментальной регистрации НУТ параметра; доказательство теоремы, характеризующей большое семейство точных решений уравнений Эйнштейна для черных дыр.

Методы исследования: математический аппарат макроскопической электродинамики в ОТО, метрической аффинной дифференциальной геометрии, численные методы вычисления на ЭВМ, с дальнейшим развитием методики численных вычислений для поставленных задач.

Полученные результаты и их новизна: найдено аналитическое выражение для вакуумного магнитного поля медленно вращающейся нейтронной звезды на бранах. Показано, что НУТ параметр, бран параметр, а также осцилляции сильно влияют на потери энергии пульсара. Найдено объяснение поведения частично излучающих пульсаров. Показано, что невращающаяся осциллирующая нейтронная звезда не может генерировать радиоизлучение. Найдено влияние НУТ параметра на эффект Саньяка и сдвиг фазы частиц в нейтронном интерферометре. Доказана теорема, характеризующая семейство динамических решений уравнений Эйнштейна.

Практическая значимость: полученные результаты могут играть важную роль в обнаружении и исследовании НУТ параметра и бран параметра. Полученные данные могут быть использованы для объяснения поведения т.н. частично излучающих пульсаров. Полученная теорема позволяет генерировать новые решения уравнений Эйнштейна.

Степень внедрения и экономическая эффективность: диссертация носит теоретический характер. Ее результаты используются для изучения компактных объектов в астрофизике. Эти научные результаты могут быть внедрены в специальный курс «Теория гравитации», читаемых в рамках магистратуры в Национальном университете Узбекистана.

Область применения: релятивистская астрофизика, физика черных дыр, астрофизика компактных объектов.

RESUME

Thesis of Giryanskaya Viktoriya Sergeevna on the academic degree competition of the candidate of physics and mathematics sciences, on specialities 01.03.02 – Astrophysics and radioastronomy and 01.04.02 – Theoretical physics, subject: «The effects of general relativity in axial-symmetric gravitational models and their application to the astrophysics of compact objects».

Key words: relativistic astrophysics, pulsars magnetosphere, electromagnetic fields, exact solutions of the Einstein equations.

Object of the research: black holes, neutron stars.

Aim of the research: study of electromagnetic fields and energy losses of the magnetized rotating neutron star i) with the non-zero NUT parameter ii) in the braneworld iii) subject to toroidal oscillations; explanation of the behavior of the part time pulsars; investigation of possibility of radioemission generation of the non-rotating oscillating neutron star; consideration of possible ways of experimental registration of the NUT parameter; proving of theorem, characterizing large family of exact solutions of Einstein equations for black holes.

Methods of the research: mathematical methods of macroscopic electrodynamics in general relativity, differential geometry, numerical methods of calculation on computers, with further developing of the numerical methods for considered problems.

The results achieved and their novelty: the approximate analytical solution for the vacuum magnetic field of slowly rotating neutron star in the braneworld has been found. It was shown that NUT parameter, brane tension and stellar oscillations significantly modulate energy losses of pulsar. The explanation of behavior of the part time pulsars has been found. It was first shown that typical non-rotating oscillating neutron star cannot generate radioemission. The influence of NUT parameter on the Sagnac effect and the phase shift of the particle in neutron interferometer is found. The theorem is proved, characterizing a large family of non-static non-spherical solutions of the Einstein field equations.

Practical value: Obtained results can play significant role in detection and study of NUT and brane parameters of compact objects. Obtained data can be used for explanation of so called part time pulsars. Proved theorem can help in generating new solutions of the Einstein field equations.

Degree of embed and economic effectivity: The dissertation is of theoretical character. The results obtained could be used for studying compact objects in relativistic astrophysics. These scientific results can be introduced in the special course «Theory of Gravitation» delivered to graduate students at the National University of Uzbekistan.

Field of application: Relativistic astrophysics, black hole physics, astrophysics of compact objects.

Соискатель:

Подписано к печати – 10.05.2010 г. 1,5 п.л.
Формат 60x84 1/16. Тираж: 100 экз.
Отпечатано в Астрономическом институте